

Europäisches  
PatentamtEuropean  
Patent OfficeOffice européen  
des brevets

REC'D 28 DEC 1999

WIPO PCT

#2

10/031617

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-  
gen stimmen mit der  
ursprünglich eingereichten  
Fassung der auf dem näch-  
sten Blatt bezeichneten  
europäischen Patentanmel-  
dung überein.

The attached documents  
are exact copies of the  
European patent application  
described on the following  
page, as originally filed.

Les documents fixés à  
cette attestation sont  
conformes à la version  
initialement déposée de  
la demande de brevet  
européen spécifiée à la  
page suivante.

EP9909201

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

99115319.8

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

I.L.C. HATTEN-HECKMAN

DEN HAAG, DEN  
THE HAGUE,  
LA HAYE, LE

16/12/99

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

**Blatt 2 der Bescheinigung**  
**Sheet 2 of the certificate**  
**Page 2 de l'attestation**

Anmeldung Nr.:  
Application no.:  
Demande n°: 99115319.8

Anmeldetag:  
Date of filing:  
Date de dépôt: 03/08/99

Anmelder:  
Applicant(s):  
Demandeur(s):  
Eta SA Fabriques d'Ebauches  
2540 Grenchen  
SWITZERLAND

Bezeichnung der Erfindung:  
Title of the invention:  
Titre de l'invention:

Convertisseur électronique d'un signal acoustique en un signal pseudo-numérique, pièce d'horlogerie comportant un tel convertisseur, ainsi que procédé de communication bidirectionnelle par ondes acoustiques

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

Staat:  
State:  
Pays:

Tag:  
Date:  
Date:

Aktenzeichen:  
File no.  
Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation:  
International Patent classification:  
Classification internationale des brevets:

/

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten:  
Contracting states designated at date of filing: AT/BE/CH/CY/DE/DK/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/PT/SE  
Etats contractants désignés lors du dépôt:

Bemerkungen:  
Remarks:  
Remarques:

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Cas 1805

MS/cg

CONVERTISSEUR ELECTRONIQUE D'UN SIGNAL ACOUSTIQUE  
EN UN SIGNAL PSEUDO-NUMERIQUE, PIECE D'HORLOGERIE  
COMPORTANT UN TEL CONVERTISSEUR, AINSI QUE PROCEDE DE  
COMMUNICATION BIDIRECTIONNELLE PAR ONDES ACOUSTIQUES

La présente invention concerne un convertisseur électronique d'un signal acoustique en un signal pseudo-numérique, notamment pour commander un microprocesseur, ainsi qu'une pièce d'horlogerie comportant un tel convertisseur. L'invention concerne également un procédé de communication bidirectionnelle par ondes acoustiques entre un instrument émetteur et un instrument récepteur.

On connaît par le brevet US 5,848,027 au nom de Biometrics, Inc., un système pour le traitement de données personnelles. Ce système permet, par exemple, de contrôler les performances d'un athlète tel qu'un coureur à pieds. Il permet d'enregistrer la date et l'heure de la course, le temps réalisé à chaque tour de piste, ou encore le temps final accompli par le sportif. Le système permet également d'enregistrer les valeurs de certains paramètres physiologiques tels que le rythme cardiaque ou un électrocardiogramme (ECG) qui reflètent l'effort fourni par l'athlète au cours de son activité sportive. Toutes ces informations vont ensuite être transmises, via une liaison sonore, à un ordinateur personnel dans lequel ces données vont être traitées, analysées, puis finalement affichées à l'écran dudit ordinateur.

On a représenté à la figure 1 annexée à la présente demande de brevet un exemple préféré de réalisation du système Biometrics cité ci-dessus. Ce système comprend un objet portable tel qu'une pièce d'horlogerie 1, par exemple une montre-bracelet à affichage digital, apte à stocker des données et à les transmettre ultérieurement. Ces données peuvent être transmises à un ordinateur personnel 2 sous forme de "bips" sonores produisant une pression acoustique 4 qui va être captée par un microphone 6. La pièce d'horlogerie peut être tout type d'instrument digital commandé par un microprocesseur et contenant un élément piézo-électrique apte à produire des "bips" sonores pour la transmission des informations. L'ordinateur personnel 2 est équipé d'une carte son 8 reliée au microphone 6 par un câble 10. L'ordinateur est ainsi capable de capter la pression acoustique 4 engendrée par les "bips" sonores émis par la pièce d'horlogerie 1. Ledit ordinateur 2 peut également être équipé d'un écran d'affichage 2.

Comme représenté à la figure 2 de la présente demande, la pièce d'horlogerie 1 comprend un microprocesseur interne 14 qui fournit la base de temps à ladite pièce d'horlogerie 1. Le microprocesseur 14 peut également commander un programme de mémorisation 16 coopérant avec une mémoire interne à accès aléatoire. D'autre part, un élément piézo-électrique 18 est apte à produire à sa sortie une tonalité présélectionnée. L'élément piézo-électrique 18 est ainsi utilisé pour fournir les "bips" sonores semblables à ceux produits par les dispositifs générateurs de son dans la plupart des montres digitales équipées d'une alarme.

10 Le système Biometrics susdécrit permet avantageusement d'enregistrer des données personnelles dans une montre, puis de transférer ces données par ondes sonores vers un ordinateur où elles vont être traitées et analysées. Ce système n'est malheureusement pas bidirectionnel. Il n'est donc pas possible de transférer des informations depuis l'ordinateur vers la  
15 montre, ce qui limite considérablement les applications possibles du système Biometrics.

On connaît par ailleurs le brevet CH 641 625 au nom de Seikosha, Tokyo (JP) qui décrit un circuit électrique pour entraîner un vibreur piézo-électrique.

20 Les figures 3 et 4 annexées à la présente demande de brevet représentent, respectivement par un schéma électrique et par des diagrammes d'évolution des niveaux de tension en fonction du temps, la constitution et le mode de fonctionnement d'un circuit d'entraînement classique pour un vibreur piézo-électrique.

25 Le circuit électrique dont le schéma est représenté à la figure 3 comprend, branchée sur la sortie d'un transistor  $T_{R1}$  alternativement passant et bloqué, une bobine  $L_1$ . Un vibreur piézo-électrique  $P_1$  est raccordé en parallèle sur la bobine  $L_1$ . Ce circuit électrique reçoit, sur une connexion d'entrée "a", un signal de commande impulsif à créneaux correspondant à  
30 ce que montre la courbe A de la figure 4 dont l'abscisse représente le temps "t" et l'ordonnée la tension "v". Depuis la borne d'entrée "a", ce signal est appliqué à la base du transistor  $T_{R1}$  par l'intermédiaire d'une résistance R. Lorsque le transistor  $T_{R1}$  est maintenu passant par l'impulsion du signal de commande, un courant électrique circule à travers la bobine  $L_1$  depuis une  
35 source de tension continue +E, tandis que la connexion "b" du vibreur piézo-électrique  $P_1$  est reliée à la masse du circuit électrique selon ce que montre la

courbe B de la figure 4 (qui présente le temps "t" en abscisse et la tension "v" en ordonnée).

Il est à noter qu'aussi longtemps que le transistor  $T_{R1}$  est passant, il ne circule aucun courant dans le vibreur piézo-électrique  $P_1$ . Ce dernier se

5 comporte en effet comme un condensateur. Or, le courant "i" délivré par un condensateur est égal au produit  $C \cdot dE/dt$ , où C est la valeur de la capacité

du condensateur, et E la tension aux bornes de ce dernier. Dans le cas présent, E étant une tension continue, sa dérivée par rapport au temps est nulle, et le courant qui circule dans le vibreur piézo-électrique  $P_1$  est également

10 nul. On peut aussi noter que la tension "v" aux bornes de la bobine  $L_1$  est donnée par la relation  $v = -L \cdot di/dt = E$ , où L est la valeur de l'inductance de ladite bobine  $L_1$ , et "i" est le courant qui traverse cette dernière. En conséquence, le produit  $L \cdot di/dt$  est constant, ce qui signifie qu'aussi longtemps que le transistor  $T_{R1}$  est maintenu passant, le courant qui circule

15 dans la bobine  $L_1$  croît linéairement.

Au moment où le transistor  $T_{R1}$  passe à l'état bloqué lors du front descendant de chaque impulsion de la forme d'onde A, toute l'énergie accumulée dans la bobine est transmise aux bornes du vibreur piézo-électrique, chargeant celui-ci à une tension bien supérieure à la tension

20 d'alimentation, et dans le sens inverse. Comme on peut le voir sur la forme d'onde B de la figure 4, cette tension oscillante présente une première impulsion positive de forte amplitude, suivie d'une deuxième impulsion négative très fortement amortie. Ce fort amortissement est dû au fait que la tension au point de connexion "b" qui est relié au collecteur du transistor  $T_{R1}$  ne peut excéder, durant l'alternance négative, la tension de blocage de la diode P-N

25 qui constitue ce collecteur, tension de blocage dont la valeur est habituellement de l'ordre de 0,6 V. Ainsi, l'énergie électrique efficace qui fait fonctionner le vibreur piézo-électrique  $P_1$  est donnée seulement par l'impulsion initiale qui est de faible durée, de sorte qu'il est difficile d'obtenir une forte

30 excitation dudit vibreur  $P_1$ . C'est pour cette raison que l'on se heurte à l'inconvénient de ne pas pouvoir obtenir un niveau de pression sonore suffisamment élevé.

Les figures 5 et 6 annexées à la présente d'acte de brevet représentent la solution apportée par Seikosha au problème mentionné ci-

35 dessus. La figure 5 est un schéma représentant un circuit électrique d'entraînement d'un vibreur piézo-électrique constituant une forme d'exécution

de l'invention Seikosha. La figure 6 est un diagramme des niveaux de tension en fonction du temps en deux endroits du circuit de la figure 5.

Le circuit électrique dont le schéma est représenté à la figure 5 comprend une bobine  $L_2$  et une diode  $D$  branchées en série sur la sortie d'un transistor  $T_{R2}$ . Un vibreur piézo-électrique  $P_2$  est raccordé en parallèle sur ce branchement série.

Au moment où le transistor  $T_{R2}$  passe à l'état bloqué lors du front descendant de chaque impulsion du signal de commande en créneaux (courbe A, figure 6), une tension est induite dans la bobine  $L_2$  et est appliquée, par l'intermédiaire de la diode  $D$  qui reste polarisée dans le sens passant, aux bornes du vibreur piézo-électrique  $P_2$  (courbe B, figure 6). La tension aux bornes du vibreur  $P_2$  reste ensuite bloquée à son niveau maximum car, lors du début de l'impulsion de tension inverse dans la bobine  $L_2$ , la diode  $D$  se trouve polarisée dans le sens non passant et bloque le retour du courant. Comme on peut le voir en comparant les niveaux de tension B des figures 4 et 6, l'énergie qui est fournie au vibreur piézo-électrique  $P_2$  est beaucoup plus grande que celle qui était fournie au vibreur piézo-électrique  $P_1$  de l'art antérieur.

En conséquence, l'invention Seikosha permet une augmentation sensible du niveau de pression acoustique. Toutefois, cette invention ne suggère pas l'utilisation d'un vibreur piézo-électrique pour la réception et la numérisation de trains d'ondes sonores.

La présente invention a pour but de remédier aux problèmes et inconvénients ci-dessus ainsi qu'à d'autres encore en proposant un convertisseur électronique d'un signal acoustique en un signal pseudo-numérique permettant de faire fonctionner un circuit d'entraînement d'un vibreur piézo-électrique à la façon d'un capteur d'ondes acoustiques, et de transformer ces trains d'ondes en impulsions numériques.

A cet effet, selon un premier de ses aspects, la présente invention concerne l'utilisation d'un circuit générateur de son comprenant un vibreur piézo-électrique comme récepteur d'ondes acoustiques.

Selon une caractéristique complémentaire de l'invention, le circuit générateur de son comprend des moyens de commutation agencés pour s'enclencher et se déclencher sur réception d'un signal de commande, ainsi qu'une branche de circuit dans laquelle une bobine et une diode sont montées en série, une résistance et le vibreur piézo-électrique étant raccordés en parallèle sur ladite branche de circuit.



- 5 -

Grâce à ces caractéristiques, il est possible d'utiliser comme récepteur d'ondes acoustiques un circuit électrique qui, à l'origine, était uniquement conçu pour entraîner un vibreur piézo-électrique employé comme générateur de son dans les montres électroniques munies d'un dispositif d'alarme. Cet

5 objectif est atteint sans qu'il soit nécessaire de modifier le circuit d'entraînement du vibreur, ce qui permet de réaliser des économies substantielles en termes de coûts de fabrication, et de proposer un circuit fiable et de faible encombrement.

Selon son deuxième aspect, la présente invention concerne un

10 convertisseur électronique d'un signal acoustique en un signal pseudo-numérique, ledit convertisseur électronique comprenant un circuit générateur de son muni d'un vibreur piézo-électrique ainsi que des moyens fournissant une tension de référence, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des

15 moyens de comparaison qui comparent la tension de référence à la tension produite par le vibreur piézo-électrique lorsque celui-ci capte une onde acoustique, lesdits moyens de comparaison produisant un signal pseudo-numérique lorsque la tension produite par ledit vibreur excède ladite tension de référence.

Grâce à ces autres caractéristiques, on peut non seulement produire un

20 son, mais également capter un tel son et le transformer en un niveau de tension logique apte à être utilisé pour commander un microprocesseur. Dès lors, il devient possible d'envisager l'échange par ondes acoustiques de tous types d'informations entre deux objets distants tels que, par exemple, deux montres-bracelets ou une montre-bracelet et un ordinateur, moyennant

25 uniquement l'adjonction au circuit d'entraînement du vibreur piézo-électrique d'un circuit comparateur. On obtient ainsi un système de communication bidirectionnelle par ondes acoustiques beaucoup plus simple et bien moins encombrant que les systèmes de communication sans fil, par exemple par infrarouge ou par radiofréquence, connus actuellement.

30 La présente invention concerne également une pièce d'horlogerie comportant un circuit convertisseur tel que décrit ci-dessus.

La présente invention concerne enfin un procédé de communication bidirectionnelle par ondes acoustiques entre un instrument émetteur et un instrument récepteur, chacun de ces deux instruments comportant un

35 microprocesseur et un convertisseur électronique, ledit convertisseur comprenant un circuit générateur de son muni d'un vibreur piézo-électrique

ainsi que des moyens fournissant une tension de référence, le procédé étant caractérisé en ce que :

- le circuit générateur de son comprend des moyens de commutation agencés pour s'enclencher et se déclencher sur réception d'un signal impulsif de commande;
- 5
- le convertisseur électronique comprend en outre des moyens de comparaison qui comparent la tension de référence à la tension produite par le vibreur piézo-électrique lorsque celui-ci capte une onde acoustique, ces moyens de comparaison produisant un signal pseudo-numérique formé d'une succession d'impulsions logiques lorsque la tension produite par ledit vibreur excède la tension de référence;
- 10
- aussi longtemps que l'émetteur et le récepteur sont au repos, le microprocesseur du récepteur reste en attente d'un signal sonore;
  - dès que l'émetteur envoie le premier d'une série de "bips" sonores
- 15
- successifs, le microprocesseur du récepteur commande le démarrage d'un compteur de temps, et commence à compter le nombre d'impulsions logiques produites par les moyens de comparaison, de sorte que ledit microprocesseur peut calculer le nombre d'impulsions reçues dans un intervalle de temps donné, et déterminer par lecture dans un compteur s'il
- 20
- s'agit d'un niveau logique "0" ou "1".

Selon une caractéristique complémentaire de l'invention, le procédé est caractérisé en ce que chaque niveau logique "0" ou "1" correspond à un "bip" long ou à un "bip" court, deux "bips" sonores successifs étant séparés par une plage de silence pendant laquelle l'émetteur n'émet pas.

- 25
- D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description détaillée qui suit d'un exemple de réalisation du convertisseur électronique selon l'invention, cet exemple étant donné à titre purement illustratif et non limitatif, en liaison avec les dessins annexés dans lesquels :

- 30
- la figure 1, déjà citée, représente une pièce d'horlogerie pouvant enregistrer des données personnelles, puis transmettre ces informations à un ordinateur via une liaison sonore;
  - la figure 2, déjà citée, est un schéma bloc d'une pièce d'horlogerie telle que représentée à la figure 1, comprenant un programme de traitement des données, ainsi que des moyens de mémorisation et de transmission de ces données;
- 35

5 - les figures 3 et 4, déjà citées, représentent respectivement par un schéma électrique et par des diagrammes d'évolution des niveaux de tension en fonction du temps, la constitution et le mode de fonctionnement d'une première forme de réalisation d'un circuit d'entraînement d'un vibreur piézo-électrique;

- la figure 5, déjà citée, représente le schéma d'une seconde variante de réalisation d'un circuit d'entraînement d'un vibreur piézo-électrique;

- la figure 6, déjà citée, est un diagramme des niveaux de tension en fonction du temps en deux endroits du circuit de la figure 5;

10 - la figure 7 représente un schéma électrique d'un circuit convertisseur d'un signal acoustique en un signal pseudo-numérique conforme à la présente invention;

- la figure 8 représente les niveaux de tension en fonction du temps en deux endroits du circuit de la figure 7;

15 - la figure 9 représente les niveaux de tension en fonction du temps en deux endroits du circuit de la figure 7 lorsque ce circuit est utilisé comme récepteur d'ondes sonores;

20 - la figure 10 représente un schéma électrique de deux circuits convertisseurs conformes à la présente invention, disposés côte à côte afin de déterminer la fonction de transfert en fréquence du système acoustique que constituent ces deux convertisseurs;

- la figure 11 est une représentation graphique de la fonction de transfert en fréquence du système de la figure 10;

25 - la figure 12 est une représentation schématique de deux montres-bracelets électroniques qui échangent entre elles des informations par ondes sonores;

30 - les figures 13A et 13B représentent respectivement l'enveloppe du signal sonore émis par une montre émettrice, ainsi que la tension impulsionnelle de commande à créneaux appliquée au transistor de commutation de cette montre;

- la figure 14 représente les niveaux de tension au point de connexion du vibreur piézo-électrique et en sortie du convertisseur analogique-numérique dans la montre réceptrice, et

35 - la figure 15 est une représentation graphique du principe de codage à modulation de la fréquence "FSK" (Frequency Shift Keying).

La présente invention procède de l'idée générale inventive qui consiste à utiliser comme récepteur d'ondes acoustiques un vibreur piézo-électrique

habituellement employé comme générateur de son dans les montres électroniques comportant un dispositif d'alarme. L'invention consiste également à brancher ledit vibreur piézo-électrique aux bornes d'un comparateur électronique qui produit à sa sortie un signal pseudo-numérique représentatif du signal sonore incident capté par le vibreur et permettant de commander, par exemple, les fonctions d'un microprocesseur.

La figure 7 représente le convertisseur électronique conforme à la présente invention et désigné dans son ensemble par la référence numérique générale 20. Comme il ressort de la figure 7, le convertisseur électronique 20 susmentionné est constitué par l'association d'un circuit d'entraînement 22 d'un vibreur piézo-électrique  $P_3$  et d'un circuit de comparaison 24 dont les principes de fonctionnement respectifs vont être décrits ci-dessous.

Le circuit d'entraînement 22 du vibreur piézo-électrique  $P_3$  comprend une branche de circuit dans laquelle une bobine  $L_3$  et une diode  $D_3$  sont montées en série, une résistance  $R'$  et le vibreur piézo-électrique  $P_3$  étant branchés en parallèle sur cette branche de circuit.

Le mode de fonctionnement du circuit d'entraînement 22 ayant déjà été analysé en détail dans la partie introductive de la présente demande de brevet consacrée à l'état de la technique, on se contentera ici d'en rappeler brièvement les principales caractéristiques. Le circuit d'entraînement 22 reçoit sur une borne d'entrée "a" un signal impulsionnel de commande à créneaux "v" (courbe A, figure 8). Ce signal de commande est appliqué à travers une résistance  $R$  à la base d'un transistor  $T_{R3}$ . Lorsque le transistor  $T_{R3}$  est rendu passant par une impulsion de commande, la bobine  $L_3$  est parcourue par un courant fourni par une source de tension continue  $+E$ , tandis que le point de connexion "b" du vibreur piézo-électrique  $P_3$  est relié à la masse du circuit d'entraînement 22. Lorsque le transistor  $T_{R3}$  passe à l'état bloqué lors du front descendant de chaque impulsion de commande, toute l'énergie accumulée dans la bobine  $L_3$  est transmise aux bornes du vibreur  $P_3$ , chargeant celui-ci à une tension "v" (courbe B, figure 8) supérieure à la tension d'alimentation  $+E$ . Lorsqu'à son tour le vibreur  $P_3$  commence à se décharger, la diode  $D_3$  bloque le retour du courant. L'énergie qui est fournie audit vibreur  $P_3$  est donc très grande. On notera qu'entre deux signaux impulsionnels de commande successifs, le vibreur piézo-électrique  $P_3$  peut tout de même se décharger partiellement à travers la résistance  $R'$ . Ainsi, lorsqu'il n'y a plus aucun signal de commande n'est appliqué au transistor  $T_{R3}$ , et que celui-

ci se trouve donc à l'état bloqué, la tension aux bornes du vibreur  $P_3$  retrouve progressivement sa valeur de repos  $+E$ .

On examine maintenant le fonctionnement du circuit de comparaison 24. Celui-ci comprend des moyens constitués, dans l'exemple représenté à la figure 7, par un comparateur analogique-digital COMP. L'une des entrées du comparateur COMP est reliée à des moyens fournissant une tension de

référence. A titre d'exemple non limitatif, la première entrée du comparateur COMP est reliée au point de connexion "c" de la source d'alimentation continue  $+E$ , tandis que l'autre entrée dudit comparateur COMP est reliée au point de sortie "b" du circuit d'entraînement 22, autrement dit au point de connexion entre le vibreur piézo-électrique  $P_3$  et le transistor  $T_{R3}$ . Comme déjà précisé ci-dessus, en l'absence de signal de commande appliqué sur la base du transistor  $T_{R3}$ , le vibreur  $P_3$  est au repos et la tension à ses bornes est égale à la tension d'alimentation  $+E$  (courbe B, figure 9). Dans ces conditions, et

conformément au premier aspect de l'invention, le vibreur piézo-électrique  $P_3$  n'est plus utilisé comme générateur de son mais peut, au contraire, être employé comme récepteur d'ondes acoustiques. Sous l'effet d'un signal sonore incident, la tension aux bornes du vibreur  $P_3$  va se mettre à osciller de part et d'autre de sa tension de repos  $+E$ , comme le montre la courbe B de la figure 9. On comprendra que l'énergie produite dans le vibreur piézo-électrique  $P_3$  par une onde acoustique incidente pourrait être

susceptible de se dissiper dans la bobine  $L_3$ , de sorte qu'elle ne serait plus disponible aux bornes dudit vibreur  $P_3$ , ce qui conduirait à un niveau de tension faible au point de connexion "b" avec le comparateur COMP, et donc à une plus grande sensibilité au bruit. Toutefois, la diode  $D_3$  montée en série avec la bobine  $L_3$  a pour avantage de présenter une impédance très élevée, ce qui équivaut à un circuit ouvert, et permet ainsi d'éviter que le vibreur  $P_3$  ne se décharge. Le comparateur COMP compare ensuite la tension produite par ledit vibreur  $P_3$  avec sa tension de référence qui est la tension d'alimentation

$+E$  du circuit d'entraînement 22. A chaque fois que la tension produite par le vibreur piézo-électrique  $P_3$  excède la tension  $+E$ , le comparateur COMP va produire un signal impulsionnel à sa sortie "d" (courbe D, figure 9). Il est ainsi possible, grâce à la présente invention, de transformer un signal sonore en un signal électrique pseudo-numérique, en utilisant un circuit classique

d'entraînement d'un vibreur piézo-électrique, et en raccordant simplement aux

bornes de ce circuit un comparateur analogique-numérique. Le signal pseudo-numérique va ensuite être utilisé pour commander un microprocesseur MP comme il sera décrit en détail ultérieurement. On pourra noter que, comme le montre la courbe D de la figure 9, le comparateur COMP a un potentiel en sortie qui varie entre sa tension d'alimentation positive +E, et sa tension d'alimentation négative, c'est-à-dire la masse du circuit convertisseur 20 selon l'invention.

On a représenté sur la figure 10 deux circuits convertisseurs 20 identiques disposés à une distance "d" l'un de l'autre. L'un de ces circuits convertisseurs 20 fonctionne comme générateur de son (on dira encore qu'il fonctionne en mode haut-parleur HP), tandis que l'autre circuit convertisseur 20 fonctionne comme récepteur de son (on dira encore qu'il fonctionne en mode microphone MIC). On applique à la base du transistor  $T_{R3}$  du circuit convertisseur HP un signal de commande impulsif à crêteaux  $V_{CC}$ . Le circuit convertisseur MIC doit quant à lui être totalement passif. Le transistor  $T_{R3}$  du circuit MIC doit donc se trouver à l'état bloqué, c'est-à-dire qu'aucune tension ne doit être appliquée sur sa base. On comprendra aisément qu'en faisant varier la fréquence "f" du signal de commande  $V_{CC}$  appliqué au transistor  $T_{R3}$  du circuit HP, on fait varier la fréquence du son produit par ce circuit. Dans le même temps, on mesure au moyen d'un voltmètre V la réponse du vibreur piézo-électrique  $P_3$  du circuit MIC au signal sonore produit par le circuit HP. On obtient ainsi (voir figure 11) la caractéristique de transfert en fonction de la fréquence de deux circuits convertisseurs selon l'invention, dont l'un émet un signal sonore (circuit convertisseur HP), et dont l'autre reçoit ce signal sonore (circuit convertisseur MIC), ceci pour une distance "d" et une tension de commande  $V_{CC}$  données. On pourra noter que la mesure ainsi obtenue tient compte, non seulement de la caractéristique de transfert du circuit MIC (qui peut être obtenue lors d'une mesure de la réponse en fréquence de celui-ci), mais aussi de la caractéristique de transfert du circuit HP et de son amplificateur constitué des éléments diode  $D_3$ , transistor  $T_{R3}$  et bobine  $L_3$ . On pourra également noter que la caractéristique de transfert dépend fortement des caractéristiques des vibreurs piézo-électriques utilisés dans les circuits MIC et HP.

Comme on pourra le constater à l'examen de la figure 11, la réponse du système constitué des deux circuits HP et MIC est optimale pour une fréquence située au voisinage de  $f = 2,4$  kHz du signal de commande  $V_{CC}$

appliqué au transistor  $T_{R3}$  du circuit HP. A cette fréquence, la tension produite par le vibreur piézo-électrique  $P_3$  du circuit MIC à son point de connexion "b" est de l'ordre de 30 mV. On constatera, d'autre part, que la largeur de la bande passante du système HP/MIC pour une tension de 1 mV est de l'ordre de  $\Delta f = 1$  kHz. Ces résultats sont obtenus avec les valeurs

- 5 suivantes des différents paramètres :
- distance "d" entre les deux circuits HP et MIC voisine de zéro;
  - tension de commande  $V_{CC} = 3$  V;
  - capacité des vibreurs piézo-électriques  $P_3$  de l'ordre de 10 nF, et
  - 10 - inductance des bobines  $L_3$  de l'ordre de 50 mH.

La figure 12 montre, de manière schématique, deux montres-bracelets électroniques 26 et 28 équipées chacune d'un circuit convertisseur 20 conforme à la présente invention, l'une quelconque de ces deux montres 26 ou 28 étant capable de capter la pression acoustique 30 produite par les "bips" sonores provenant de l'autre montre. Il va de soi que l'exemple de deux

15 montres-bracelets est donné à titre illustratif uniquement, et qu'il peut s'agir de tout type d'instrument digital commandé par un microprocesseur et contenant un élément piézo-électrique apte à produire et à capter des sons. On suppose, par exemple, que la montre 26 fonctionne comme

20 générateur de son et produit (voir figure 13A) un train d'ondes acoustiques comprenant un "bip" long 32 suivi de deux "bips" courts 34 et 36. Pour produire ce train d'ondes acoustiques, il faut appliquer à la base du transistor  $T_{R3}$  de la montre émettrice 26 un signal impulsionnel de commande à créneaux tel que représenté à la figure 13B.

25 La fréquence du signal impulsionnel de commande est par exemple choisie égale à 2 kHz, c'est-à-dire une valeur voisine de la fréquence optimale déterminée par la caractéristique de transfert des deux montres émettrice 26 et réceptrice 28. Le signal impulsionnel de commande est appliqué au transistor  $T_{R3}$  de la montre émettrice 26 par le microprocesseur MP de cette

30 dernière. La montre émettrice 26 comprend une base de temps fournie par un oscillateur à quartz (non représenté) qui oscille typiquement à la fréquence de 32 kHz. Pour obtenir la fréquence de 2 kHz recherchée, on peut utiliser une chaîne de division qui va diviser par seize la fréquence d'oscillation de l'oscillateur à quartz. On peut également programmer le microprocesseur MP

35 de la montre émettrice 26 de sorte que, à chaque fois que ledit microprocesseur MP comptera seize impulsions fournies par l'oscillateur à



quartz, il commandera l'inversion de la polarité du signal de commande appliqué à la base du transistor  $T_{R3}$  de ladite montre émettrice 26.

La réponse du circuit convertisseur 20 de la montre réceptrice 28 est représentée à la figure 14. On voit que, sous l'effet du train d'ondes  
5 acoustiques produit par la montre émettrice 26, la tension au point de connexion "b" du vibreur piézo-électrique  $P_3$  de la montre réceptrice 28 se met à osciller de part et d'autre de sa tension d'alimentation  $+E$  (courbe B, figure 14). Comme déjà expliqué ci-dessus, à chaque fois que la tension produite par le vibreur piézo-électrique  $P_3$  excède sa tension de repos  $+E$ , le  
10 comparateur COMP de la montre réceptrice 28 va produire un signal impulsionnel à sa sortie "d" (courbe D, figure 14). On transforme ainsi l'onde acoustique produite par la montre émettrice 26 en un signal pseudo-numérique apte à commander le microprocesseur MP de la montre réceptrice 28 comme il va être expliqué ci-dessous. On remarquera que le  
15 signal impulsionnel produit par le comparateur COMP de la montre réceptrice 28 présente une forme analogue à celle du signal impulsionnel de commande appliqué au transistor  $T_{R3}$  de la montre émettrice 26, à l'exception de pics parasites désignés par la référence 38 qui peuvent apparaître entre deux "bips" sonores successifs sous l'effet du bruit ambiant capté par le vibreur  
20 piézo-électrique  $P_3$  de ladite montre réceptrice 28.

Aussi longtemps que le système montre émettrice 26/montre réceptrice 28 est au repos, le microprocesseur MP de la montre réceptrice 28 reste en attente. Dès que la montre émettrice 26 envoie un premier "bip" sonore, le microprocesseur MP de la montre réceptrice 28 commande le  
25 démarrage d'un compteur de temps. En même temps, il compte le nombre d'impulsions logiques produites par le comparateur COMP et détermine par lecture dans un compteur s'il s'agit d'un niveau logique "0" ou "1".

A titre d'exemple uniquement, on suppose que la durée d'un "bip" sonore long sera de 100 ms, tandis que la durée d'un "bip" sonore court sera  
30 de 20 ms. Comme la fréquence du signal impulsionnel de commande du transistor  $T_{R3}$  de la montre émettrice 26 est de 2 kHz, le comparateur COMP de la montre réceptrice 28 produira 200 impulsions en réponse à un "bip" sonore long, et 40 impulsions en réponse à un "bip" sonore court. Toujours à titre d'exemple seulement, on suppose qu'un "bip" long  
35 correspondra à un "1" logique, tandis qu'un "bip" court correspondra à un "0" logique. On notera que les signaux parasites présents à chaque transition de "0" à "1" ou de "1" à "0" en sortie du comparateur COMP de la montre



réceptrice 28 doivent être filtrés à l'entrée du microprocesseur MP, par exemple au moyen d'un filtre digital. Ainsi, au bout des vingt premières millisecondes, le microprocesseur MP de la montre réceptrice 28 aura compté quarante impulsions. On définit alors une plage dite de "silence" dont la durée

5 peut être, par exemple, de 10 ms. Cette plage de silence permet de séparer distinctement les niveaux logiques "0" et "1" envoyés successivement au microprocesseur MP, et correspond à une période de temps durant laquelle la

montre émettrice 26 n'envoie pas de "bip" sonore. Le microprocesseur MP de la montre réceptrice 28 n'enregistre ainsi plus d'impulsions, ou seulement un

10 nombre aléatoire d'impulsions dues au seul bruit ambiant capté par le vibreur piézo-électrique P3 de la montre réceptrice 28. Par conséquent, si après les vingt premières millisecondes durant lesquelles quarante impulsions ont été envoyées, succède une plage de silence de 10 ms, le microprocesseur MP de la

15 montre réceptrice 28 en déduira qu'il s'agit d'un "0" logique. Inversement, si pendant les 20 ms suivantes, le microprocesseur MP reçoit quarante impulsions supplémentaires, il en déduira qu'il ne s'agit pas d'un "0" logique, et restera dans l'attente des impulsions suivantes nécessaires pour former un "1" logique. On notera que l'on peut accepter un certain seuil de tolérance dans la transmission des impulsions vers le microprocesseur MP. Par exemple,

20 200 impulsions plus ou moins 10 impulsions transmises pendant 100 ms, suivies de 10 ms de silence correspondront à un "1" logique.

Dans l'exemple décrit ci-dessus, la durée d'un "bip" long est de 100 ms, celle d'un "bip" court est de 20 ms, et la durée de la plage de silence séparant deux "bips" successifs est de 10 ms. Une analyse statistique simple

25 permet de déduire que le débit d'informations entre les montres émettrice 26 et réceptrice 28 sera de l'ordre de 10 bits/seconde environ. On comprendra, bien entendu, que pour des durées de "bips" sonores différentes, des débits de transmission bien supérieurs à 10 bits/seconde peuvent être obtenus.

Comme on l'a vu dans ce qui précède, il est possible, grâce à la

30 présente invention, de transformer des "bips" sonores produits par un premier objet, en niveaux logiques "0" ou "1" aptes à commander le microprocesseur d'un second objet placé à distance du premier. Ce transfert de données peut s'effectuer entre deux montres électroniques, par exemple, ou encore entre une montre et un ordinateur. Un exemple d'application d'un

35 tel système se rapporte à la mise à l'heure d'une montre. Le porteur de la montre se connecte sur le site Internet du fabricant de ladite montre et active la fonction de mise à l'heure offerte par ce site. L'ordinateur, équipé

- d'une carte son, va alors émettre une succession de "bips" sonores qui correspondront à autant de niveaux logiques "0" et "1" qui pourront être compris par le microprocesseur équipant la montre et permettront à ce dernier de commander la mise à l'heure de ladite montre. Inversement, on
- 5 peut envisager de transférer des données depuis la montre vers l'ordinateur. Il peut s'agir d'un code conservé en mémoire dans la montre et permettant de participer gratuitement à un tirage au sort accompagné de lots organisé sur le site Internet du fabricant horloger. Tous types de données personnelles ou autres peuvent également être échangées entre deux montres.
- 10 On décrira enfin, à titre d'exemple toujours, un deuxième mode de conversion d'un signal sonore en données pseudo-numériques aptes à commander les fonctions d'un microprocesseur. Il s'agit du codage à modulation de fréquence communément appelé "FSK" (Frequency Shift Keying) représenté à la figure 15. Dans ce cas, la durée d'une impulsion sonore est
- 15 fixe, par exemple égale à 100 ms, et c'est la fréquence du signal de commande appliqué à la base du transistor  $T_{R3}$  de la montre émettrice 26 qui varie. Par exemple, une fréquence de 1,5 kHz correspondra à un "0" logique, tandis qu'une fréquence de 2,5 kHz correspondra à un "1" logique. Le microprocesseur MP de la montre réceptrice 28 comptera ainsi le nombre
- 20 d'impulsions reçues toutes les 100 ms, et en déduira s'il s'agit d'un "0" ou d'un "1" logique. L'un des avantages du codage à modulation de fréquence est que deux bits d'information successifs ne sont séparés par aucune plage de silence.
- Il va de soi que l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation qui
- 25 vient d'être décrit, et que des modifications et des variantes peuvent être envisagées sans sortir du cadre de l'invention.

### REVENDICATIONS

1. Utilisation d'un circuit générateur de son (22) comprenant un vibreur piézo-électrique ( $P_3$ ) comme récepteur d'ondes acoustiques.

2. Utilisation selon la revendication 1, caractérisée en ce que le circuit générateur de son (22) comprend des moyens de commutation agencés pour

5 s'enclencher et se déclencher sur réception d'un signal de commande ( $V_{CC}$ ), ainsi qu'une branche de circuit dans laquelle une bobine ( $L_3$ ) et une diode ( $D_3$ ) sont montées en série, une résistance ( $R'$ ) et le vibreur piézo-électrique ( $P_3$ ) étant raccordés en parallèle sur ladite branche de circuit.

3. Utilisation selon la revendication 2, caractérisée en ce que les  
10 moyens de commutation comprennent un transistor ( $TR_3$ ).

4. Convertisseur électronique (20) comprenant un circuit générateur de son (22) muni d'un vibreur piézo-électrique ( $P_3$ ) ainsi que des moyens fournissant une tension de référence, caractérisé en ce qu'il comprend en  
15 outre des moyens de comparaison qui comparent la tension de référence à la tension produite par le vibreur piézo-électrique ( $P_3$ ) lorsque celui-ci capte une onde acoustique, et qui produisent un signal pseudo-numérique lorsque la tension produite par ledit vibreur ( $P_3$ ) excède la tension de référence.

5. Convertisseur selon la revendication 4, caractérisé en ce que la tension de référence est la tension d'alimentation ( $E$ ) qui permet de faire  
20 circuler un courant dans le circuit générateur de son (22).

6. Convertisseur selon l'une quelconque des revendications 4 ou 5, caractérisé en ce que les moyens de comparaison comprennent un comparateur analogique-digital (COMP).

7. Convertisseur selon l'une quelconque des revendications 4 à 6,  
25 caractérisé en ce que le signal pseudo-numérique produit par les moyens de comparaison est utilisé pour commander les fonctions d'un microprocesseur (MP).

8. Convertisseur selon l'une quelconque des revendications 4 à 7, caractérisé en ce que le circuit générateur de son (22) comprend des moyens  
30 de commutation agencés pour s'enclencher et se déclencher sur réception d'un signal impulsionnel de commande ( $V_{CC}$ ) et une branche de circuit dans laquelle une bobine ( $L_3$ ) et un diode ( $D_3$ ) sont montés en série, une résistance ( $R'$ ) et le vibreur piézo-électrique ( $P_3$ ) étant raccordés en parallèle sur ladite branche de circuit.

9. Convertisseur selon la revendication 8, caractérisé en ce que les moyens de commutation comprennent un transistor ( $TR_3$ ).

10. Convertisseur selon l'une quelconque des revendications 8 ou 9, caractérisé en ce que la tension de commande ( $V_{CC}$ ) est égale à 3 V, en ce que la capacité des vibreurs piézo-électriques ( $P_3$ ) est de l'ordre de 10 nF, et en ce que l'inductance des bobines ( $L_3$ ) est de l'ordre de 50 mH.

11. Convertisseur selon la revendication 10, caractérisé en ce que la caractéristique de transfert en fonction de la fréquence de ce convertisseur (20) est centrée sur une fréquence de 2,4 kHz, et en ce que la largeur de la bande passante de ladite caractéristique de transfert est de l'ordre de 1 kHz.

12. Pièce d'horlogerie comportant un convertisseur électronique (20) selon l'une quelconque des revendications 4 à 11.

13. Procédé de communication bidirectionnelle par ondes acoustiques entre un instrument émetteur (26) et un instrument récepteur (28), chacun de ces deux instruments (26, 28) comportant un microprocesseur (MP) et un convertisseur électronique (20), ledit convertisseur (20) comprenant un circuit générateur de son (22) muni d'un vibreur piézo-électrique ( $P_3$ ) ainsi que des moyens fournissant une tension de référence, le procédé étant caractérisé en ce que :

- le circuit générateur de son (22) comprend des moyens de commutation agencés pour s'enclencher et se déclencher sur réception d'un signal impulsionnel de commande ( $V_{CC}$ );

- le convertisseur électronique (20) comprend en outre des moyens de comparaison qui comparent la tension de référence à la tension produite par le vibreur piézo-électrique ( $P_3$ ) lorsque celui-ci capte une onde acoustique, ces moyens de comparaison produisant un signal pseudo-numérique formé d'une succession d'impulsions logiques lorsque la tension produite par ledit vibreur ( $P_3$ ) excède la tension de référence;

- aussi longtemps que l'émetteur (26) et le récepteur (28) sont au repos, le microprocesseur (MP) du récepteur (28) reste en attente d'un signal sonore;

- dès que l'émetteur (26) envoie le premier d'une série de "bips" sonores successifs, le microprocesseur (MP) du récepteur (28) commande le démarrage d'un compteur de temps, et commence à compter le nombre d'impulsions logiques produites par les moyens de comparaison, de sorte que

ledit microprocesseur (MP) peut calculer le nombre d'impulsions reçues dans un intervalle de temps donné, et déterminer par lecture dans un compteur s'il s'agit d'un niveau logique "0" ou "1".

14. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que chaque niveau logique "0" ou "1" correspond à un "bip" long ou à un "bip" court, deux "bips" sonores successifs étant séparés par une plage de silence pendant laquelle l'émetteur (26) n'émet pas.

15. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que la fréquence du signal impulsionnel de commande ( $V_{CC}$ ) appliqué aux moyens de commutation de l'émetteur (26) est de 2 kHz, en ce que la durée d'un "bip" court est de 20 ms et la durée d'un "bip" long est de 100 ms, et en ce que la durée de la plage de silence séparant deux "bips" successifs est de 10 ms.

16. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que l'on utilise le codage à modulation de fréquence "FSK".

17. Procédé selon la revendication 16, caractérisé en ce que la durée des "bips" sonores émis par l'émetteur (26) est de 100 ms, et en ce que la fréquence du signal impulsionnel de commande ( $V_{CC}$ ) appliqué aux moyens de commutation de l'émetteur (26) est de 1,5 kHz pour un "bip" sonore correspondant à un niveau logique "0", et de 2,5 kHz pour un "bip" sonore correspondant à un niveau logique "1".

ABREGE

CONVERTISSEUR ELECTRONIQUE D'UN SIGNAL ACOUSTIQUE  
EN UN SIGNAL PSEUDO-NUMERIQUE, PIECE D'HORLOGERIE  
COMPORTANT UN TEL CONVERTISSEUR, AINSI QUE PROCEDE DE  
COMMUNICATION BIDIRECTIONNELLE PAR ONDES ACOUSTIQUES

La présente invention concerne l'utilisation d'un circuit générateur de son (22) comprenant un vibreur piézo-électrique ( $P_3$ ) comme récepteur d'ondes acoustiques.

- L'invention concerne également un convertisseur électronique (20)
- 5 comprenant un circuit générateur de son (22) muni d'un vibreur piézo-électrique ( $P_3$ ) ainsi que des moyens fournissant une tension de référence, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens de comparaison qui comparent la tension de référence à la tension produite par le vibreur piézo-électrique ( $P_3$ ) lorsque celui-ci capte une onde acoustique, et
- 10 qui produisent un signal pseudo-numérique lorsque la tension produite par ledit vibreur ( $P_3$ ) excède la tension de référence.

- L'invention concerne enfin une pièce d'horlogerie munie d'un circuit convertisseur (20) tel que susdécrit, ainsi qu'un procédé de communication bidirectionnelle par ondes acoustiques entre un instrument émetteur et un
- 15 instrument récepteur.

Figure 7

FIG. 1

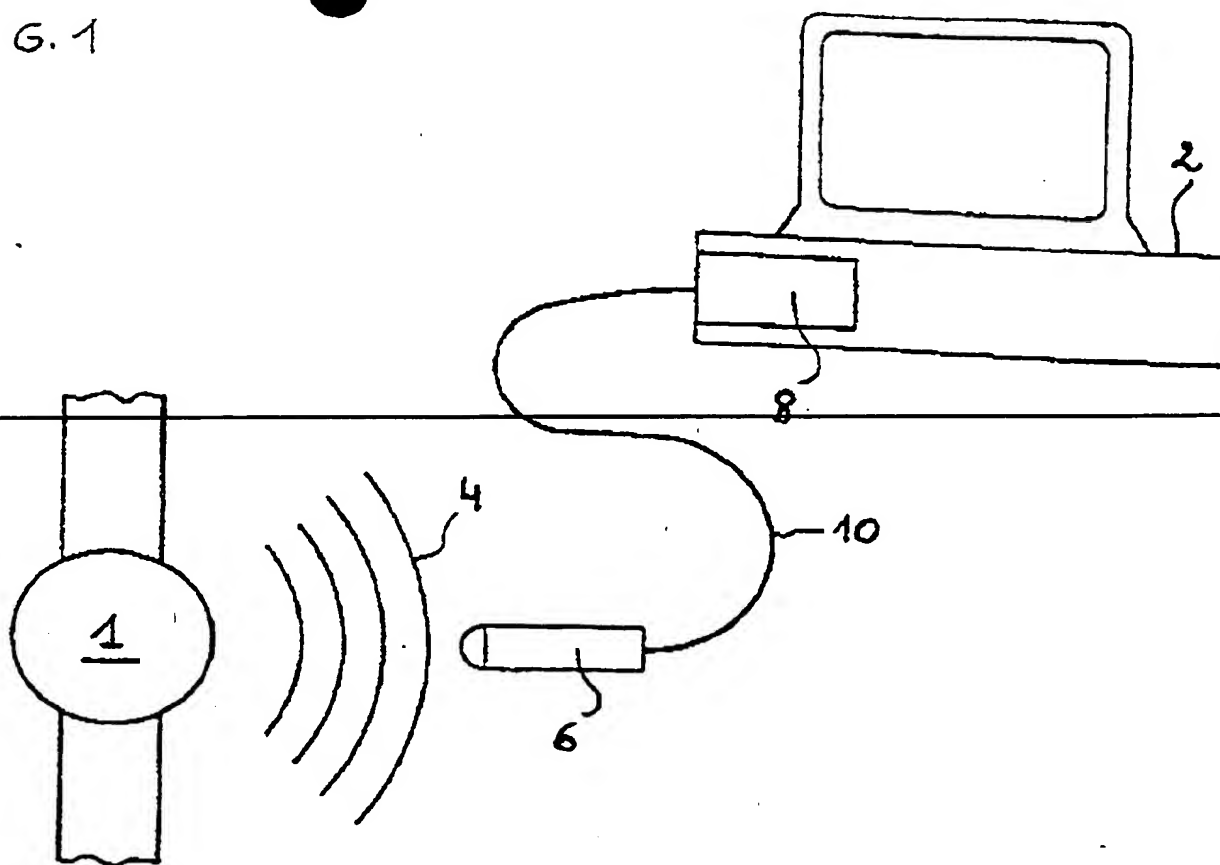


FIG. 2

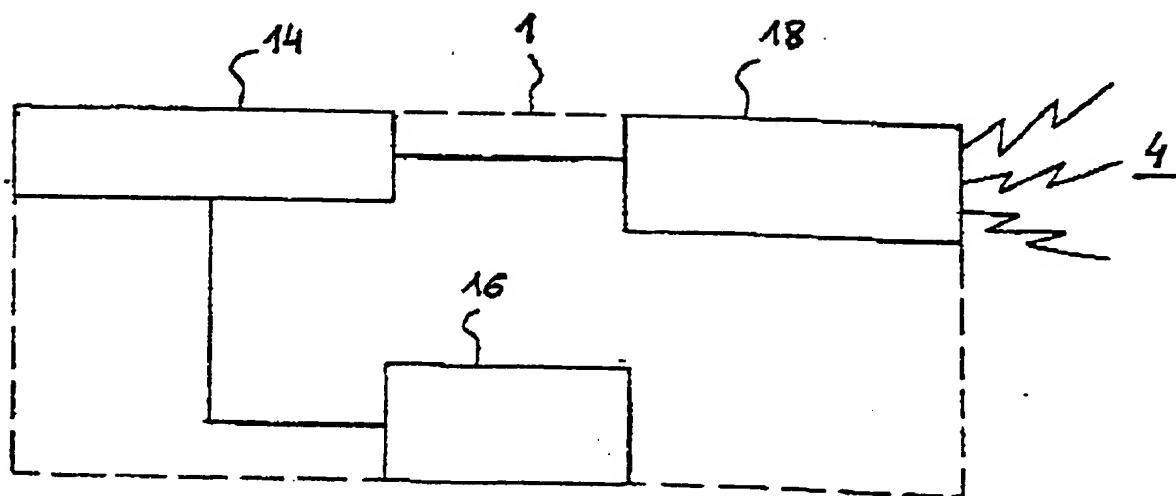


FIG.3

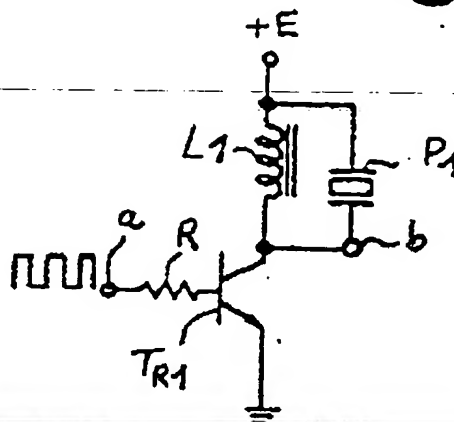


FIG.4

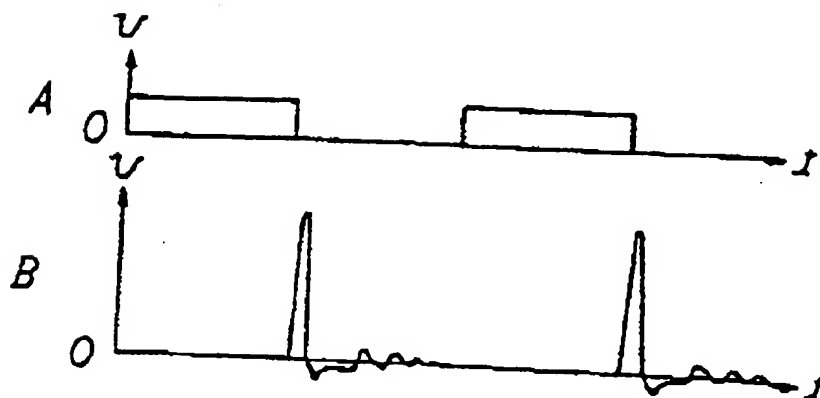




FIG.5

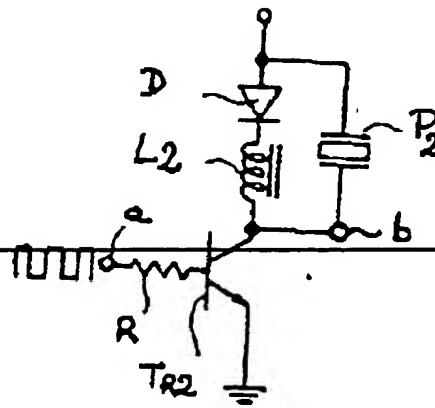
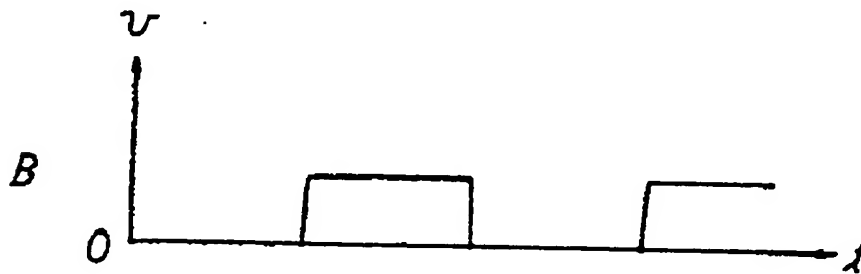


FIG.6



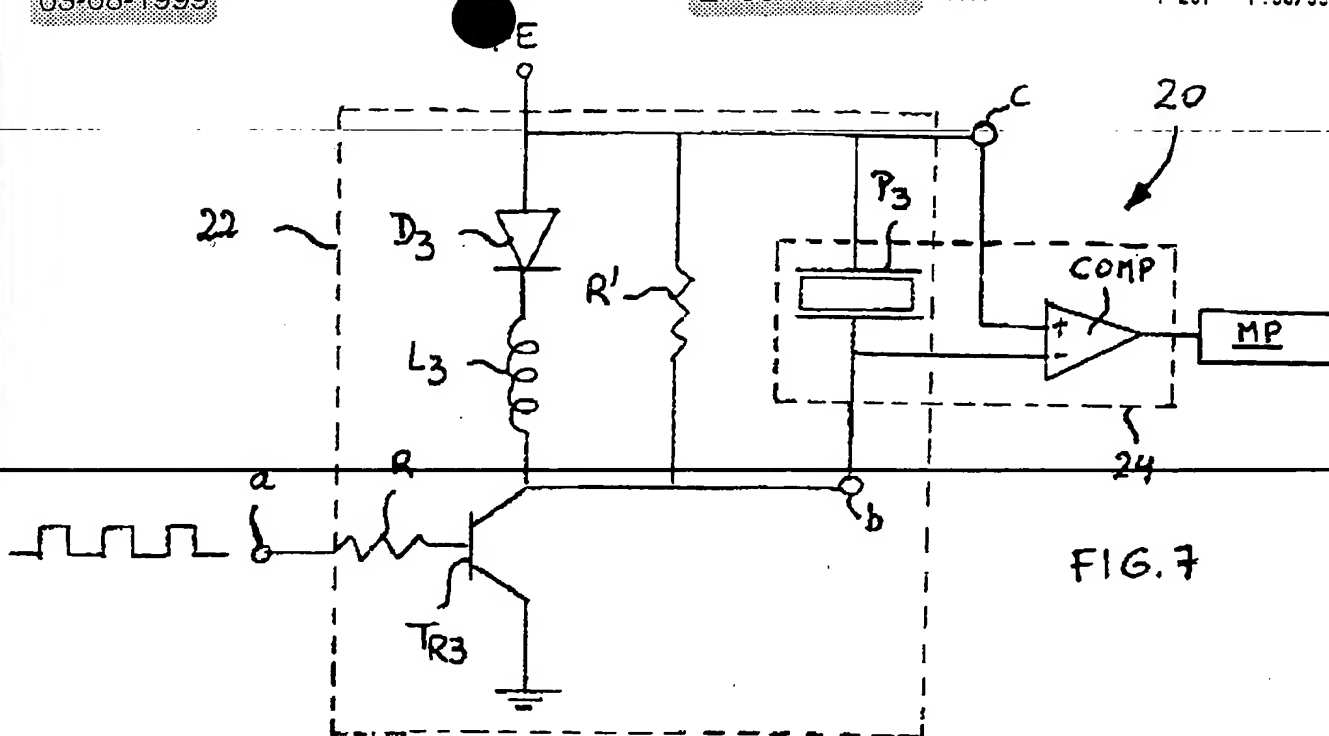


FIG. 7

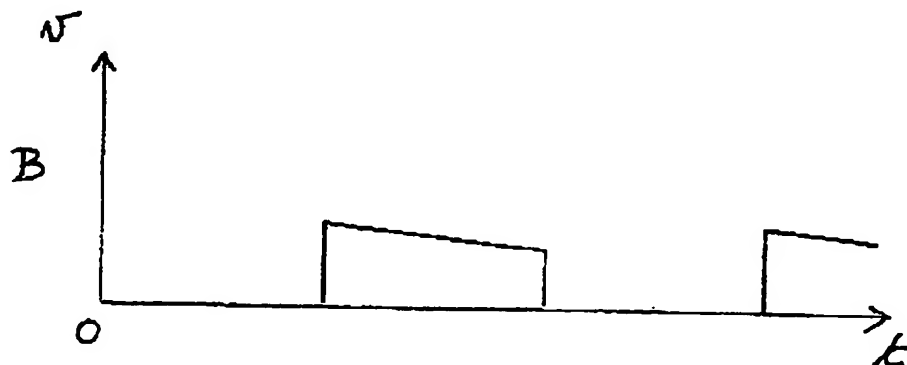
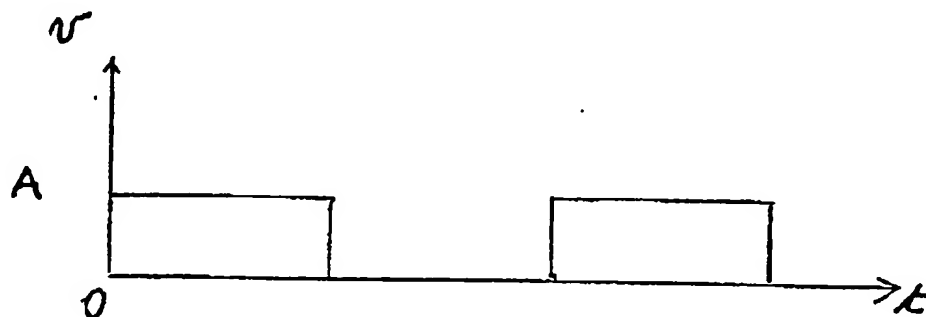
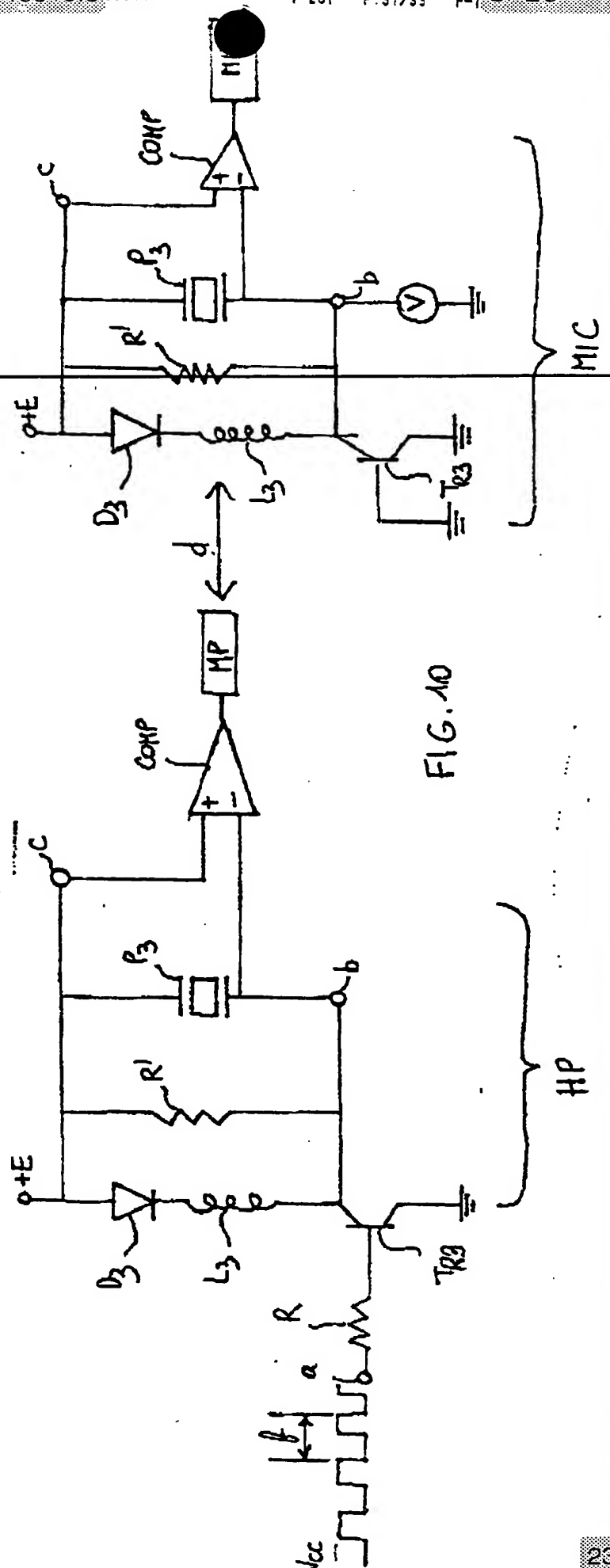
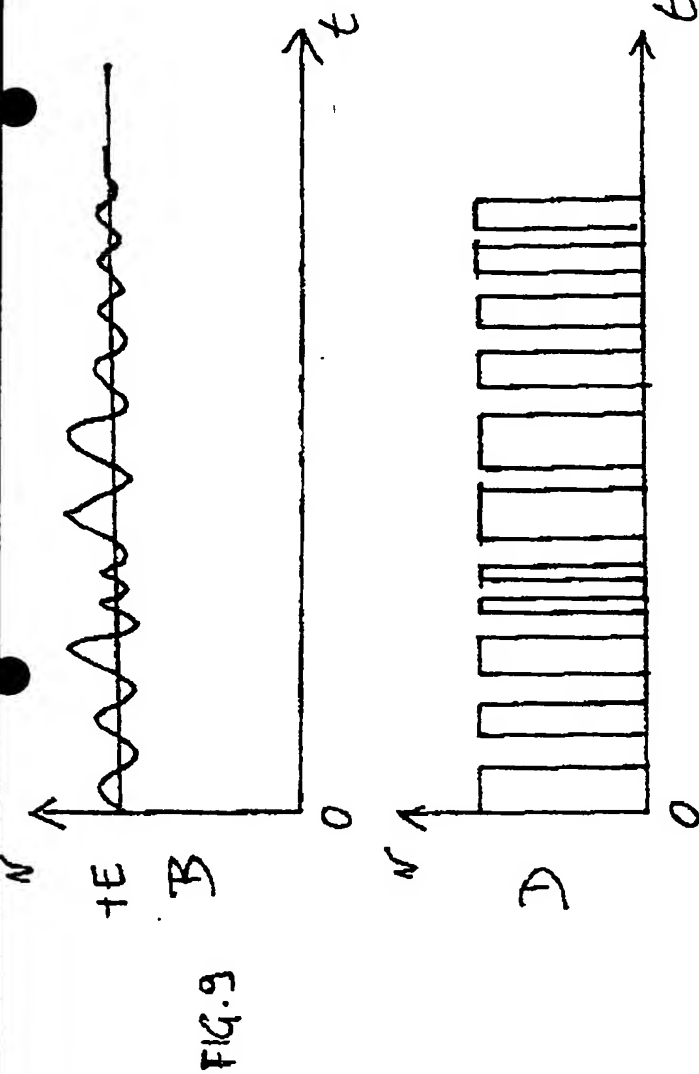


FIG. 8



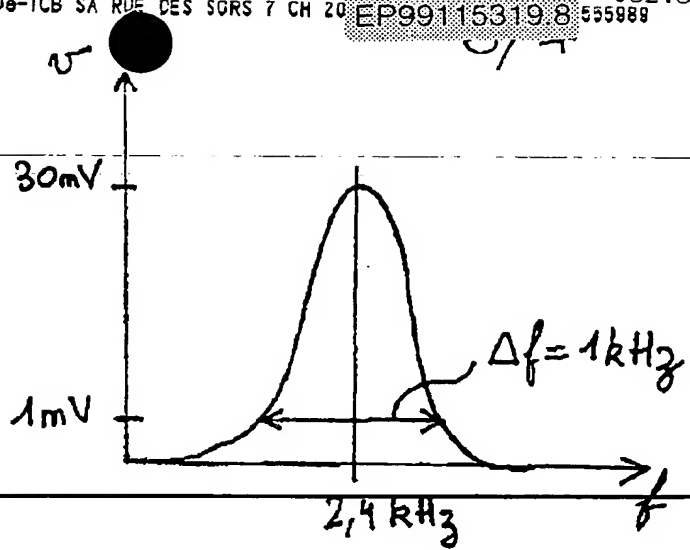


FIG. 11

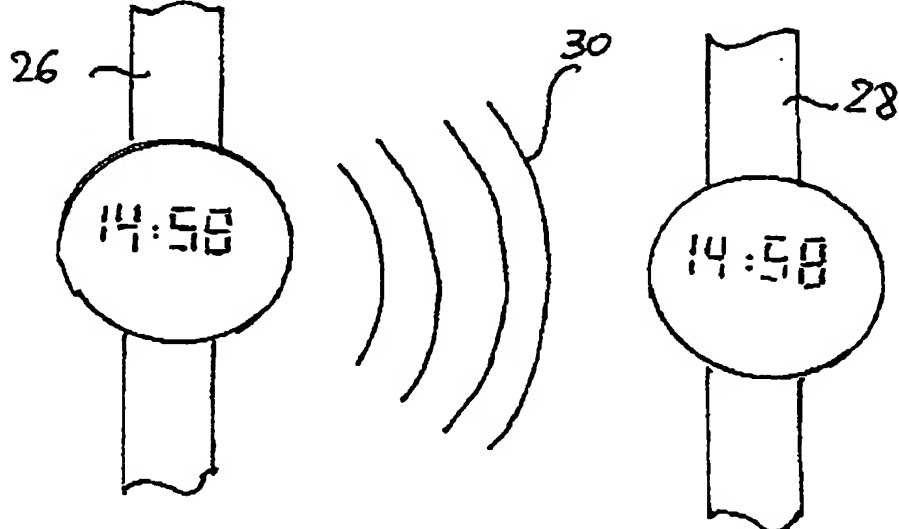


FIG. 12

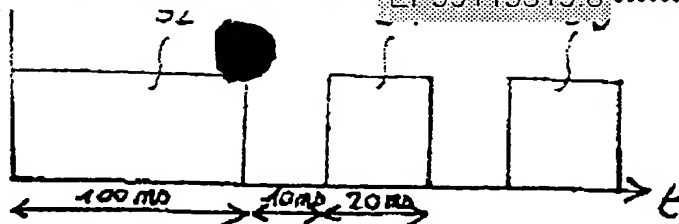


FIG. 13A

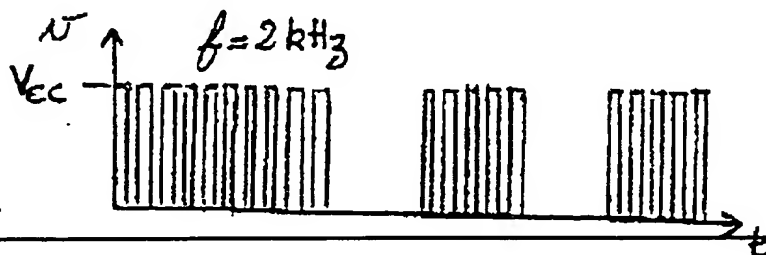


FIG. 13B

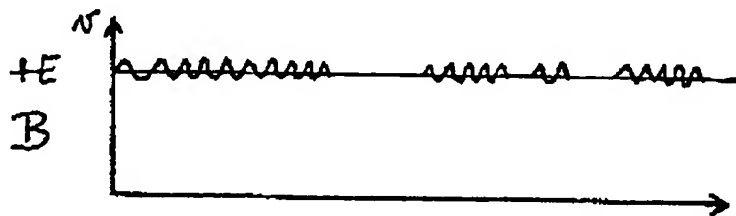


FIG. 14

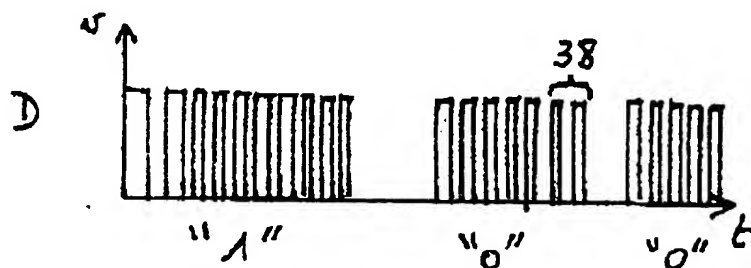
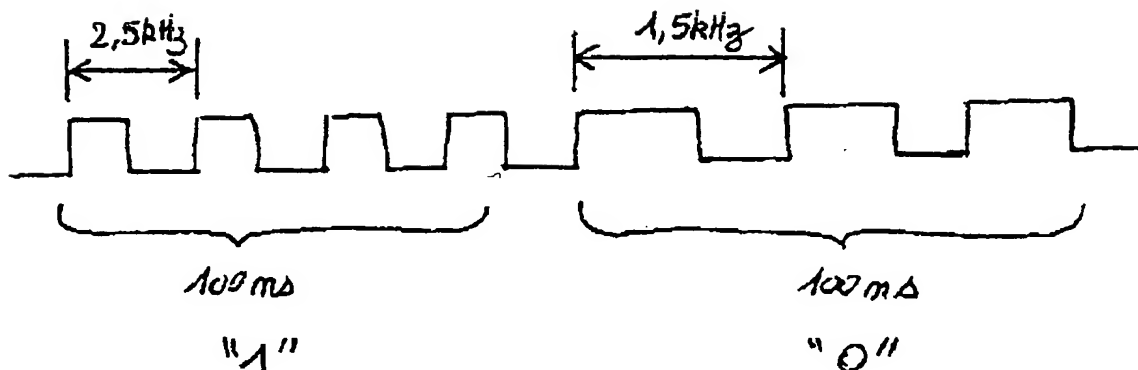


FIG. 15



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**